

鉄合金の過冷オーステナイトの相変態に関する研究

著者	土屋 正行
号	163
発行年	1968
URL	http://hdl.handle.net/10097/8899

氏 名 (本籍)	土 屋 正 行 (長野県)
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 1 6 3 号
学 位 授 与 年 月 日	昭和 4 4 年 2 月 5 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研 究 科 専 門 課 程	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 金属工学専攻
学 位 論 文 題 目	鉄合金の過冷オーステナイトの相変態に 関する研究

(主査)

論 文 審 査 委 員	教授 今井勇之進	教授 竹内 栄
	教授 金子 秀夫	教授 須藤 一

論 文 内 容 要 旨

I 目 的

鋼の焼入れは古くより知られ鋼の熱処理の分野では非常に重要な地位を占めているがこれを解明する焼入理論は、部分的には説明し得るものがあっても全てを統一的に説明し得る様な理論はまだ確立されていない。経験が常に理論に先行することは止むを得ないことであるにしても現在においても尚いくつかの矛盾点や混乱を来たしている問題がある。その問題点を列挙して見ると
 i) 焼入理論の座標軸となるべき純鉄のマルテンサイト変態開始温度 (M_s 温度) が明らかでない。
 ii) 炉冷程度の速度で冷却して測定した鉄 2 元合金の低濃度側の変態点が M_s 点かどおか疑わしい。
 iii) 純鉄の M_s 点におよぼす各種合金元素の影響が知られていない。
 iv) 最近提唱された鉄の massive transformation の本性が明らかでない。
 v) マルテンサイト変態の

動力学的理論を展開する上に不可避免的に必要となる純鉄の過冷オーステナイトの比熱が確定していない。

上記の通り多くの不明な点が存在する現状においてはマルテンサイト変態の理論的取扱いは、不可能に近い。従って今後変態理論が精密化されて行く過程で必要にせまられると考えられる上記諸点を明らかにしておくのが本論文の主旨である。

II 方 法

上記目的を達成するために先ず純鉄および各種鉄2元合金の A_3 の変態温度と冷却速度との関係を明らかにすることが必要と考え、下記の如き試料を準備し、その A_3 変態点の冷却速度依存性を調べた。

0.001~0.003% Cを含む純鉄, 0.006~0.039% Cを含む極低炭素一鉄合金 1~2.05% Ni, 1~9.5% Mn, 1~4.5% Cu, 6~60% Co, 1~10% Cr, 0.05~0.5% Ti, 0.1~1% V, 0.5~3% W, 0.1~1% Nb, 0.4~2% Mo, 0.07~0.35% Al, 0.4~1.3% Si をそれぞれ含む鉄2元合金。

上記の試料中0.001% Cを含む純鉄は現在最も純度が良いと考えられているものであり他の純鉄および極低炭素一鉄合金は電解鉄を原料とし、また置換型2元合金は、水素処理した電解鉄と99.9~99.99%純度の純金属とを配合して非消耗電極型アルゴンアーク溶解炉にて溶製したものである。溶製後インゴットを熱間圧延および冷間圧延により最終的に厚さ0.2mmの板状試料にし均一化焼鈍後、長さ約0.25mm、巾約0.25mmの試料片を切り出し、変態点測定用に供した。冷却用装置としては、高速急冷のできるガス噴射式急冷装置を新たに作製した。本装置は、0.5mmφのタングステン線ヒーターにて試料を加熱し末広ノズルより噴出するアルゴン又は水素ガスにて冷却してポンペ出口のガス圧調節により100℃/sec~60000℃/secの範囲の冷却速度を得ることができる様になっている。オーステナイト化は、合金系によって異なるが1000℃又は1100℃で30秒行なった。測温は試料に点溶接した0.08mmφのアルメルクロメル熱電対で行ない、冷却曲線はシンクロスコープに取りつけたカメラで撮影して得た。冷却曲線上の屈曲点から変態温度および冷却速度を求め、それより連続冷却変態図を作製し、これと試料の表面検査とを併用して M_s 点を決定した。

一方純鉄の過冷オーステナイトの比熱を決定するため、18~50% Mn, 16~45% Ni をそれぞれ含むFe-Mn, Fe-Ni 2元合金のオーステナイトの比熱を自記断熱型比熱測定装置にて測定した。

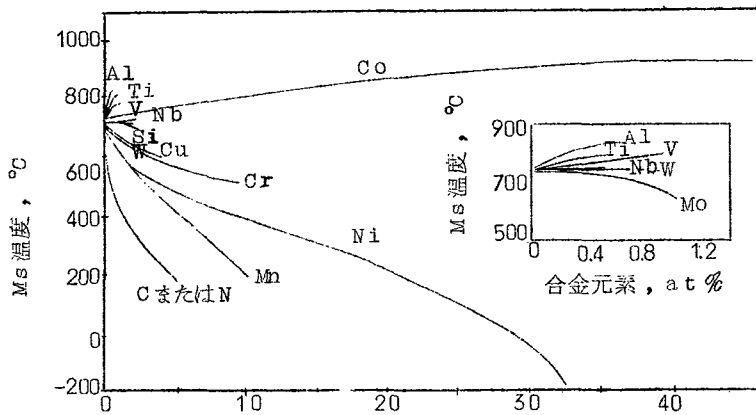
Ⅲ 結 果

(1) 従来 Fe-C 合金の Ms 点から純鉄の Ms 点を推定すれば約 550°C となり、一方 Fe-Ni 合金および Fe-Mn 合金の Ms 点から推定すれば 910°C となり、両者の間に大きな差が存在していたが、本研究の結果、Fe-C 合金の Ms 点は、炭素量が約 0.005% 以下で急激に上昇し、0.001% 以下で約 720°C になり、一方 Fe-Ni、Fe-Mn 合金の低濃度側の Ms 点は従来の値より低温側にあることが明らかになり、いずれの合金系から純鉄の Ms 点を推定しても約 720°C となって上記の不一致を解消することができた。またこの約 720°C なる Ms 点は炭素 0.001% を不純物として含む純鉄のもので将来更に高純度の鉄が得られれば Ms 点も更に上昇する可能性がある。

(2) 鉄合金の臨界冷却速度以下で現われる変態を最近一部の研究者達は massive transformation と呼んであたかも新種の変態であるかの如く報告しているが種々検討の結果、この変態は従来知られていた恒温 マルテンサイト変態が、合金元素濃度が低下したために、高温側に移動したものと説明できる。

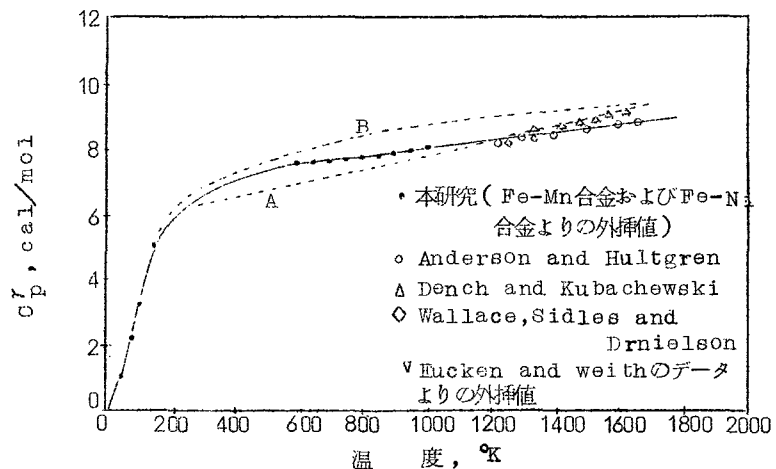
(3) 置換型鉄 2 元合金の Ms 点は、高濃度側においては、従来の結果と一致するが低濃度側では、従来の測定点よりもかなり低温側にあることがわかった。これは低濃度合金では、臨界冷却速度が大きくなるため、本研究の様な高速冷却によらない限り Ms 点を測定することができなかったことによる。また、従来の測定点は、恒温マルテンサイト変態の C 曲線とその実験時に用いた冷却速度曲線の交点で与えられる温度を観測していたことになる。

(4) 従来知られている焼入性におよぼす種々の合金元素の影響は、鉄中に炭素又はその他の合金元素が存在していた時のものを観測していたため注目する合金元素単味の影響とは異なっている可能性があった。1 図は本研究で求めた純鉄の Ms 点におよぼす各種合金元素の影響をまとめたものである。Ms 点におよぼす影響はいずれの元素とも定量的に鋼における場合と異なるが V W は定性的においても異なり鋼においては Ms 点を降下させたが純鉄に対しては Ms 点を上昇させる傾向がある。



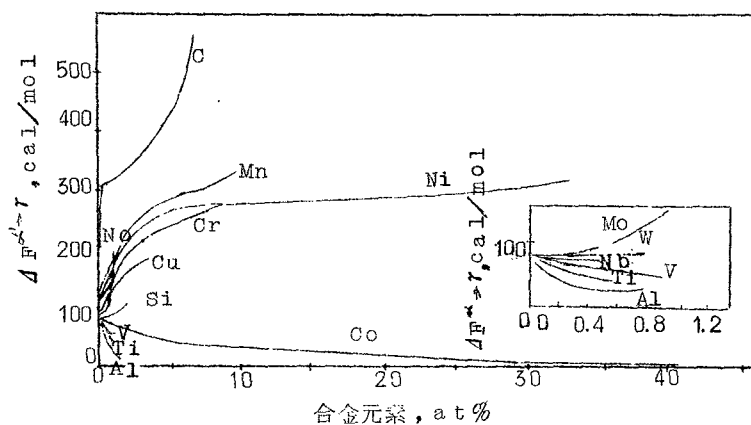
1図 純鉄のMs温度におよぼす各種合金元素の影響

(5) マルテンサイト変態の熱力学的研究に必要な純鉄の過冷 r 相の比熱は、 r 相自身が910°C以下では存在しないため適当な方法によって推定する以外方法がないが、従来は2図の直線Aで示した様に高温の r 安定領域の r 相の比熱を低温まで直線的に長距離延長するか炭素量の多いFe-Mn合金の r 相の比熱を用いて推定していた(曲線B)が、この両者は一致しておらずそれぞれ不正確な要素を含んでいた。本研究においてはFe-NiおよびFe-Mn両2元合金の r 相の比熱を濃度の関数として求め、これを濃度ゼロに外挿して、純鉄の r 相の比熱を求めた。その結果を低温部および高温部に外挿した場合、従来の低温比熱、および高温の r 安定領域の比熱と無理なく一致し、最も妥当な値が得られたものと考えられる。



2図 純鉄の r 相の比熱

(6) マルテンサイト変態の動力学的研究を遂行するに当っては、マルテンサイト変態の駆動力を知る必要がある。これを求めるために熱力学的諸関数を統計力学的に導出し、前述の r 相の比熱を用いて純鉄の変態の自由エネルギーを求め、これらを用いて、各種鉄 2 元合金のマルテンサイト変態の駆動力を算出した。3 図は、これを示したものであるが鉄に、 M_s 点を降下させる元素が入ると変態の駆動力は増大し M_s 点を上昇させる元素が入ると変態の駆動力が減少することがわかった。



3 図 純鉄のマルテンサイト変態の駆動力におよぼす各種合金元素の影響

審 査 結 果 の 要 旨

鋼の熱処理において焼入れは古くより経験的に知られ、工業的な実操作面においては重要な役割を占めているが、これを理論的に統一した立場から説明するには、まだ多くの未解決な問題が残されている。

著者は今後鋼の焼入れ理論を確立するために解決しておくべきいくつかの問題点を指摘し、これらを実験的に明らかにし、かつマルテンサイト変態という一つの過渡現象を熱力学的立場より解析し、今後の変態の動力学的研究に必要な熱力学的諸データを導出した。

本論文は、その成果をまとめたもので5章よりなっている。

第1章は緒言で、ここでは鋼の焼入れ理論を確立するために解決せねばならないと考えられる諸問題点が述べられている。

第2章は、上記問題点を解決するための実験方法を述べたもので、侵入型不純物の極めて少ない鉄および12種の鉄基2元合金を焼入れするために新たに作成した50,000℃/秒までの高速急冷装置について詳述している。

第3章は作成した急冷装置を用いて各試料のA_s変態温度の冷却速度依存性を調べたものでありその結果次の如きいくつかの重要な知見が得られている。(1)従来純鉄のマルテンサイト変態開始温度(M_s温度)はFe-C合金からの推定値とFe-NiおよびFe-Mn合金からの推定値との差異がかなり大きかったが、本研究の結果いずれの合金から推定しても約720℃となり従来の矛盾点を解消した。(2)Fe-NiおよびFe-Mn合金系において従来M_s点と考えられていた低濃度側合金の変態温度は、実は恒温マルテンサイト変態の開始点であり、M_s点は更に低温側にあることを明らかにした。(3)鉄鋼の焼入れ特性におよぼす各種合金元素の影響について、従来は炭素の共存下の影響を、あたかも各種合金元素単味の影響力であるかのように漠然と考えていたが、本研究の結果、これら単味の微能が明らかになり炭素が存在しない場合には従来知られていた機能と異なる結果を示す元素のあることを明らかにした。

第4章はマルテンサイト変態を統計熱力学的に解析した結果について述べている。先ず変態の熱力学的研究に際し、不可避免的に必要な純鉄の過冷オーステナイトの比熱をFe-MnおよびFe-Ni両合金系のオーステナイトの比熱より推定し、より正確な値を決定した。次に合金の熱力学的諸関数を統計力学的に導出し、各合金のオーステナイトとマルテンサイトの自由エネルギーが等しくなる温度を求め、実際にマルテンサイト変態が生起するための過冷却度と駆動力とを算出した。これは今後マルテンサイト変態の核生成の動力学的研究を展開するための基礎データとなる。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は鋼の焼入れ性の本質を探求する途上に存在する幾つかの問題点を解決し、マルテンサイト変態の動力学的研究に必要な諸データを導出し熱処理理論を確立するために要する多くの新しい知見を得たもので金属工学上寄与するところが少なくない。

よって本論文は、工学博士の学位論文として合格と認める。